

Desain Sistem Objektifikasi dan Kuantifikasi Pemeriksaan Fisik Menggunakan Pemindai 3 Dimensi, Sensor Inersial, Stetoskop Perekam, dan Perkusor Akustik

Cynthia Caroline
Jurusan Sistem Komputer
Universitas Sriwijaya
Palembang, Indonesia
caroline@student.unsri.ac.id

Timotius Wira Yudha
Jurusan Pendidikan Dokter
Universitas Sriwijaya
Palembang, Indonesia
timothyqiu@student.unsri.ac.id

Abstrak—Latar belakang: Pemeriksaan fisik merupakan bagian integral dalam menegakkan diagnosis. Teknik pemeriksaan fisik yang biasanya dilakukan praktisi kesehatan adalah inspeksi (melihat dan mengamati), palpasi (meraba), perkusi (mengetuk), dan auskultasi (mendengar). Kurangnya objektivitas pada pemeriksaan fisik menimbulkan risiko perbedaan hasil diagnosis antar pemeriksa, sehingga banyak dokter mulai beralih ke pemeriksaan penunjang untuk menegakkan diagnosis. Metode: Dibuat desain sistem untuk mengobjektifikasi dan mengkuantifikasi pemeriksaan fisik, yang terdiri dari empat komponen: pemindaian tubuh pasien secara 3 dimensi, perancangan sarung tangan dengan sensor IMU, stetoskop perekam suara, serta perkusor akustik. Pemindaian 3 dimensi tubuh manusia dilakukan dengan pemindai laser, di mana dihasilkan data berupa awan titik. Data ini kemudian diubah menjadi model 3 dimensi berbentuk mesh. Sensor IMU yang terdapat di sarung tangan memungkinkan pemeriksa untuk menandai bagian tubuh yang diperiksa saat inspeksi dan palpasi. Perkusor akustik berfungsi untuk mengemulasi ketukan jari pada organ tubuh yang diperiksa. Mikrofon pada stetoskop memungkinkan perekaman suara perkusi dan auskultasi, yang kemudian dapat diproses oleh komputer menjadi data kuantitatif. Laporan akhir, beserta model 3D-nya dapat dikirim untuk perujukan, atau dapat disimpan sebagai dokumentasi untuk perbandingan pemeriksaan selanjutnya. Diskusi: Biaya pembuatan sebuah sistem adalah sekitar Rp 9.000.000,00 (US\$ 600). Penerapan sistem ini di setting pelayanan kesehatan primer diharapkan mampu mengurangi penggunaan pemeriksaan penunjang, dengan demikian biaya kesehatan tahunan per kapita bisa diturunkan sebesar Rp 728.000,00 (US\$ 49). Kesimpulan: Sistem objektifikasi dan kuantifikasi pemeriksaan fisik mampu menekan pengeluaran kesehatan, namun butuh investigasi lebih lanjut untuk memperbaiki keterbatasannya.

Kata Kunci :—pemeriksaan fisik, pemindai 3 dimensi, bioinformatika, teknologi kesehatan, teknik biomedik

I. PENDAHULUAN

Pemeriksaan klinis, yang terdiri dari anamnesis dan pemeriksaan fisik, merupakan bagian integral dalam praktik kedokteran; karena data yang didapatkan dari pemeriksaan klinis akan menentukan diagnosis dan pilihan pengobatan pasien [1]. Anamnesis adalah proses pengambilan riwayat penyakit melalui wawancara (tanya-jawab) kepada pasien atau keluarga pasien, sedangkan pemeriksaan fisik adalah pengambilan data penyakit yang dilakukan dengan kontak fisik dari dokter ke pasien, menggunakan penginderaan dokter atau alat-alat sederhana seperti stetoskop. Teknik pemeriksaan fisik dapat berupa inspeksi (melihat dan mengamati), palpasi (meraba), perkusi (mengetuk), auskultasi (mendengar), atau dengan metode spesifik untuk penyakit tertentu.

Pemeriksaan fisik memiliki beberapa keterbatasan, salah satunya adalah kurangnya objektivitas dan persamaan persepsi (perkusi yang “redup”, ruam “berbatas tegas”). Oleh karena itu, seringkali seorang dokter membutuhkan modalitas diagnostik yang lebih canggih dari anamnesis dan pemeriksaan fisik, disebut pemeriksaan penunjang, untuk menyingkirkan beberapa diagnosis banding untuk sampai ke sebuah diagnosis final (kerja) [2]. Beberapa modalitas penunjang yang sering digunakan adalah teknik pencitraan dengan foto Rontgen (sinar X) atau gelombang ultrasonik, dan metode laboratorik seperti pemeriksaan darah. Akses kepada modalitas-modalitas tersebut tidak hanya telah ‘menghasilkan’ penyakit-penyakit baru, namun juga meningkatkan efisiensi tatalaksana dengan mengurangi kesalahan diagnostik.

Kesuksesan tersebut ternyata juga menimbulkan masalah baru. Dalam beberapa dekade terakhir, kemampuan dokter generasi baru untuk menentukan diagnosis yang tepat mulai dipertanyakan [3]. Masalah ini sejalan dengan fakta bahwa hingga 88% dari seluruh diagnosis seharusnya dapat ditegakkan tanpa bantuan pemeriksaan tambahan, tetapi saat ini hampir 50% diagnosis ditegakkan menggunakan pemeriksaan

tambahan [4,5]. Oleh karena itu, perlu dibuat sebuah modalitas diagnostik yang kembali mengangkat nilai pemeriksaan fisik, dengan menjadikannya objektif namun sekaligus tidak membutuhkan biaya yang relatif mahal. Ketiga hal tersebut dapat dipenuhi oleh sistem pemindai tubuh 3D dengan sensor multipel.

II. STUDI LITERATUR

A. Pemeriksaan Fisik

Pemeriksaan fisik umumnya dikerjakan setelah anamnesis [6]. Pemeriksaan fisik dimulai dari pemeriksaan kesan umum, tanda-tanda vital, kemudian analisis sistem organ secara sistematis. Dalam pemeriksaan kesan umum, biasanya pasien diklasifikasikan menurut persepsi dokter (tidak tampak sakit/sakit ringan/sedang/berat). Tanda-tanda vital yang diperiksa adalah: tekanan darah, laju nadi, laju pernapasan, suhu tubuh, dan kesadaran [6].

Pemeriksaan fisik sistem organ dilakukan terutama dengan empat teknik,[1]

- Inspeksi: pemeriksaan dengan melihat. Data yang didapatkan misalnya prediktor anemia (warna bawah kelopak), cara berjalan, prediktor sirkulasi (sianosis), habitus tubuh, dan pembengkakan (oedema).
- Palpasi: pemeriksaan dengan meraba menggunakan telapak tangan. Biasanya digunakan untuk menentukan ukuran organ atau benjolan. Dalam sebuah benjolan, parameter yang dinilai biasanya bentuk, ukuran, tepi, permukaan, serta konsistensi (padat vs cair).
- Perkusi: pemeriksaan dengan mengetuk. Teknik perkusi digunakan untuk menentukan batas suatu organ dengan mengetahui perbedaan suara. Paru-paru bersuara nyaring (sonor) karena berisi udara dalam jaringan alveoli, jantung bersuara redup karena berupa organ otot padat, dan usus bersuara sangat nyaring (timpani) karena berupa tabung kosong yang terisi udara.
- Auskultasi: pemeriksaan dengan mendengar menggunakan stetoskop. Suara yang dinilai antara lain bunyi dan bising jantung, suara pernapasan, pergerakan usus, dan aliran darah dalam pembuluh darah.

Selain empat teknik di atas, juga terdapat beberapa metode khusus yang bervariasi pada spesialisasi dan ketersediaan alat pemeriksaan di klinik. Untuk penyakit mata, dapat dilakukan pemeriksaan akuitas visus dengan poster Snellen; pemeriksaan Nikolsky dan goresan lilin untuk penyakit kulit; dan pemeriksaan rhinoskop di setting telinga-hidung-tenggorok-kepala-leher [6].

B. Sensor Pemeriksaan Fisik

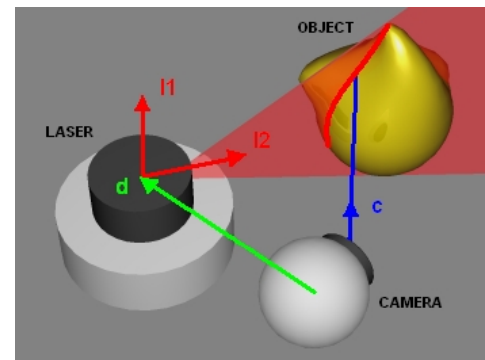
a) Pemindai 3 Dimensi

Pemindai 3 Dimensi merupakan alat untuk membuat data 3 dimensi dari permukaan sebuah objek, dengan hasil akhir berupa kumpulan titik atau kumpulan segitiga dalam bentuk jejaring (mesh) [7]. Dalam pengembangan saat ini, hasil pemindaian ini dapat digabungkan dengan pengambilan foto untuk menciptakan sebuah model 3D bertekstur. Contoh hasil pemindaian tubuh 3D dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pemindaian 3D tubuh manusia [8].

Terdapat dua jenis pemindaian 3 dimensi: kontak (coordinate-measuring machine) dan non-kontak. Teknik non-kontak sendiri terdiri menjadi tiga metode: titik-per-titik (point), garis (stripe atau line), dan luas (area), namun metode garis adalah yang paling umum digunakan. Pada pemindai 3D berbasis laser, cahaya laser berbentuk garis ditembakkan menuju objek, dan pantulannya akan diterima oleh kamera, yang melihat bentuk garis yang terdistorsi. Prinsip kerja pemindai 3D laser dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Prinsip kerja pemindai 3D berbasis laser [9].

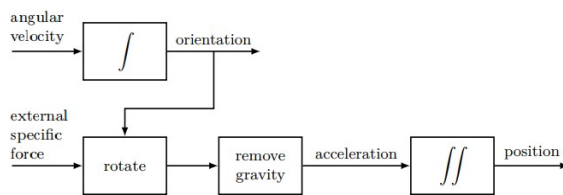
Kemudian, perangkat lunak akan memproses data garis-garis terdistorsi ini dalam bentuk awan titik (point-cloud) atau segitiga-segitiga (triangulasi), yang selanjutnya digabungkan menjadi model 3 dimensi yang utuh.

b) Inertial Measurement Unit

Inertial measurement unit (IMU), juga dikenal sebagai sensor inersial, merupakan kombinasi dari akselerometer 3-aksis dan giroskop 3-aksis. Sensor ini sudah dapat ditemukan di perangkat sehari-hari, terutama telepon seluler cerdas dan tablet. Komponen giroskop

mengukur kecepatan angular (perubahan orientasi), sedangkan akselerometer mengukur gaya eksternal (akselerasi sensor dan gravitasi) [10].

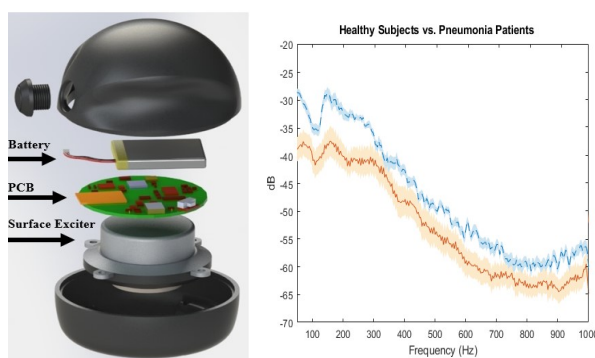
Sensor inersial dapat digunakan untuk menentukan posisi dan orientasi sebuah objek di ruang 3 dimensi, melalui proses di Gambar 3. Integral dari kecepatan angular menghasilkan orientasi sensor (kecepatan angular \rightarrow posisi angular). Setelah dikurangi oleh gravitasi, integral dua kali dari akselerometer menghasilkan posisi sensor (percepatan \rightarrow kecepatan \rightarrow posisi linear). Proses integral ini disebut dengan dead-reckoning [10].



Gambar 3. Proses akuisisi data posisi dari sensor inersial [10].

c) Sensor Auskultasi dan Perkusor Akustik

Sensor auskultasi diletakkan pada ujung membran stetoskop dan berfungsi untuk merekam suara yang dihasilkan langsung oleh organ tubuh (auskultasi) dan suara yang dipantulkan oleh alat perkusor akustik (perkusi). Suara tersebut lalu disimpan, kemudian diproses oleh perangkat lunak untuk dijadikan data visual, berupa grafik intensitas terhadap frekuensi. Grafik ini dapat dibandingkan dengan data normal, untuk diinterpretasi oleh dokter.



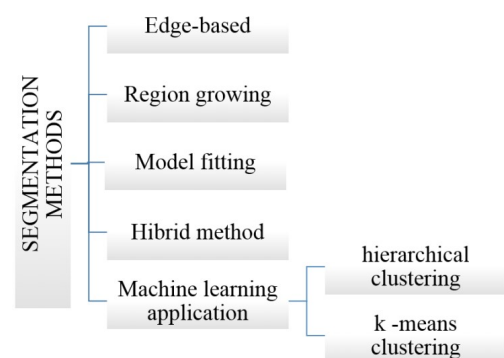
Gambar 4. Perkusor akustik dan contoh grafik perkusi[11].

Perkusor akustik (Gambar 4) menggantikan fungsi jari sebagai pengetuk, agar data yang dihasilkan bersifat objektif. Perkusor ini menggunakan surface exciter, sebuah generator suara yang menggetarkan organ tubuh dengan frekuensi 50 – 100 Hz [11]. Getaran inilah yang ditangkap oleh perekam suara (mikrofon) pada stetoskop dan kemudian diproses.

Untuk auskultasi, mikrofon langsung merekam suara dari getaran jantung tanpa menggunakan aktuatur.

C. Pemrosesan Hasil Peminadaian Menjadi Model 3 Dimensi

Hasil pemindaian 3 dimensi berupa awan yang tersusun atas titik-titik (point-cloud). Point cloud diubah menjadi bentuk jejaring (mesh) menggunakan perangkat lunak penggambar (computer-assisted drawing), seperti RealityCapture [12]. Proses ini disebut dengan segmentasi, di mana lima metode segmentasi dapat digunakan (Gambar 5): berbasis tepi (edge-based), pertumbuhan wilayah (region-growing), pencocokan model dengan bentuk sederhana (model fitting), metode hibrida, dan pembelajaran mesin. Setelah dijadikan mesh, model 3 dimensi siap digunakan [13].

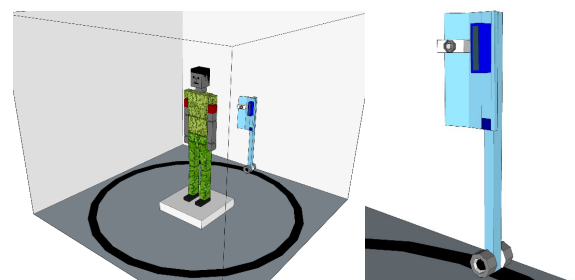


Gambar 5. Metode segmentasi untuk awan titik [13].

III. METODOLOGI

A. Sistem yang Diusulkan

Sistem yang akan dibuat terdiri dari satu set ruang pemindaian, sebuah sarung tangan, sebuah stetoskop dengan perekam, dan sebuah perkusor akustik.



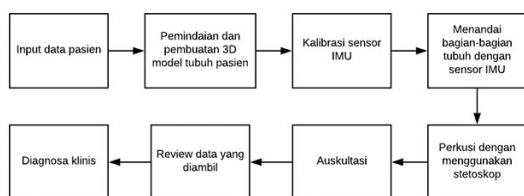
Gambar 6. Set ruang pemindaian (kiri) dan pemindai 3 dimensi laser (kanan).

Ruang pemindaian (Gambar 6) disarankan berukuran minimal 3 x 3 x 2,5 m dan di tengahnya dipasang platform untuk pasien berdiri. Saat pemindaian, proyektor laser dan kamera bergerak mengelilingi pasien mengikuti lintasan yang dipasang mengelilingi ruang. Untuk mengurangi kesalahan akibat pergerakan pasien, pasien diinstruksikan untuk tidak bergerak, atau bisa digunakan berbagai metode fiksasi. Hasil pemindaian 3 dimensi adalah segmentasi mesh, lalu dikonversi menjadi model 3 dimensi [14].

Sarung tangan (kiri, kanan, atau keduanya) dibuat dengan material durabel, dengan tambahan sensor inersial di ujung jari telunjuk. Sensor inersial ini berfungsi sebagai marker, sehingga hanya perlu dinyalakan saat ingin ditandai. Oleh karena itu, ibu jari berfungsi sebagai sakelar (switch) untuk sensor IMU di sarung tangan. Saat pemeriksa ingin memberi tanda pada bagian tubuh tertentu, ia harus memertemukan ibu jari dan jari telunjuk.

Stetoskop dengan perekam dan perkusor akustik juga akan dilengkapi dengan IMU, untuk menandai bagian tubuh mana yang didengarkan. Saat perkusi, penandaan lokasi terjadi bersamaan saat tombol perkusor ditekan (gelombang suara digetarkan), kemudian stetoskop akan mulai merekam suara selama. Saat auskultasi, penandaan lokasi dan perekaman suara terjadi saat membran stetoskop bersentuhan dengan kulit pasien. Durasi perekaman suara perkusi dan auskultasi dapat diatur dari 1 hingga 10 detik.

B. Prinsip Kerja Alat



Gambar 7. Diagram alir sistem.

Gambar 7 memuat diagram alir singkat tentang sistem yang diusulkan.

- Masukkan data awal pasien (nama, jenis kelamin, usia, tanda-tanda vital) dan tulis hasil anamnesis.
- Pasien difiksasi, kemudian dilakukan pemindaian 3D untuk membuat model tubuh dari pasien.
- Lakukan kalibrasi sensor IMU yang terletak di sarung tangan
- Lakukan inspeksi dan palpasi terhadap pasien. Tandai bagian-bagian tubuh yang diperlukan menggunakan sensor IMU dengan memertemukan ujung ibu jari dan telunjuk.
- Beri keterangan/komentar pada bagian yang ditandai menggunakan keyboard.
- Lakukan perkusi dengan cara meletakkan perkusor akustik di area yang diperkusi, lalu stetoskop di belakangnya. Misal: perkusi di permukaan depan dada, stetoskop di belakang dada.

- Lakukan auskultasi dengan cara meletakkan stetoskop di area yang diauskultasi (seperti area katup jantung, area bising usus).
- Lakukan review data yang telah diambil.
- Buatlah sebuah diagnosis klinis berdasarkan klasifikasi internasional (seperti ICD-10).
- Data siap digunakan untuk keperluan rujukan, pertimbangan pemeriksaan penunjang, atau dokumentasi ilmiah. Data yang disimpan dapat dibandingkan dengan data baru jika pasien berkunjung kembali.

C. Keterbatasan Alat

Karena pemindaian 3D akan membuat model permukaan tubuh, pasien harus dalam keadaan telanjang atau setengah telanjang (menggunakan pakaian dalam saja). Selain itu, karena alat ini harus digunakan dalam posisi pasien berdiri, maka sulit digunakan dalam kondisi pasien dengan penurunan kesadaran atau disabilitas motorik. Lalu, si pemeriksa juga harus melakukan pemeriksaan fisik dalam keadaan pasien berdiri (tidak mengubah orientasi).

IV. ANALISIS EKONOMI

Tabel 1. Estimasi biaya pembuatan

No	KOMPONEN	BIAYA (Rp 000,00)
1	3D scanner	5000
2	Sensor IMU	300
3	Perkusor akustik	200
4	Stetoskop perekam	1000
5	Komponen elektronik lain	1000
6	Persiapan ruang	1500
TOTAL		9000

Estimasi awal biaya pembuatan sistem ini adalah sekitar Rp 9.000.000,00, dirincikan dalam Tabel 1. Jika dimisalkan seorang dokter melayani 20 pasien setiap hari: awalnya 50% pasien (10 orang) membutuhkan pemeriksaan penunjang, namun dengan objektifikasi dan kuantifikasi hasil pemeriksaan fisik, hanya 12% pasien (2,4 orang) setiap hari yang membutuhkan pemeriksaan tambahan.

Jika pemeriksaan fisik dengan metode terbaru ini dihargai sejumlah Rp 10.000,00 per kali, dan pemeriksaan penunjang (laboratorium + imaging) dihargai sejumlah Rp 300.000,00 per kali, maka dapat dihitung biaya yang dapat dihemat.

Tabel 2. Biaya yang dapat dihemat per hari

Pemeriksaan fisik model konvensional Biaya pasien yang pemeriksaan tambahan: 10 pasien x 300.000 = 3.000.000
Pemeriksaan fisik terobjektifikasi dan terkuantifikasi Biaya pasien yang pemeriksaan fisik saja: 17,6 pasien x 10.000 = 176.000 Biaya pasien yang butuh pemeriksaan tambahan: 2,4 pasien x (10.000 + 300.000) = 744.000 Total = Rp 920.000,00
Selisih biaya = 2.080.000 per 20 pasien Biaya yang dihemat per pasien per kunjungan dokter = Rp 104.000,00

Dalam Tabel 2, dibuat permisalan seorang dokter melayani 20 pasien dalam satu hari praktik. Jika diasumsikan seorang pasien berkunjung ke dokter sebanyak 7 kali setahun, maka biaya yang dapat dihemat per kapita adalah Rp 728.000,00 per tahun[15]. Dengan demikian, dengan penduduk 250 juta jiwa, dalam satu tahun negara dapat menghemat sebanyak Rp 182.000.000.000.000,00 (182 triliun) untuk pengeluaran pemeriksaan penunjang.

V. KESIMPULAN

Objektifikasi dan kuantifikasi pemeriksaan fisik dapat dilakukan menggunakan modalitas pemindai 3 dimensi, sensor inersial, perkusor akustik, dan stetoskop perekam suara. Sistem ini diharapkan mampu mengurangi pemakaian pemeriksaan penunjang dalam setting praktik kedokteran primer, hingga dapat menghemat pengeluaran pasien per tahun secara signifikan saat diimplementasikan.

Dibutuhkan investigasi lebih lanjut untuk memperbaiki desain sistem serupa agar keterbatasannya dapat dimitigasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Saudara Genda Ananta Rahmat dan Muhammad Agung Pribadi atas partisipasinya dalam mendiskusikan ide objektifikasi pemeriksaan fisik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Matondang C S, Wahidiat I and Sastroasmoro S 2009 Diagnosis Fisis pada Anak (Jakarta: CV Sagung Seto).
- [2] Asif T, Mohiuddin A, Hasan B and Pauly R R 2017 Importance Of Thorough Physical Examination: A Lost Art Cureus 9 3–7.
- [3] Feddock C A 2007 The Lost Art of Clinical Skills Am. J. Med. 120 374–8.
- [4] Peterson M, Holbrook J, Von Hales D, Smith N and Staker L 1992 Contributions of the history, physical examination, and laboratory investigation in making medical diagnoses West. J. Med. 156 163–5.
- [5] Tsukamoto T, Ohira Y, Noda K, Takada T and Ikusaka M 2012 The contribution of the medical history for the diagnosis of simulated cases by medical students Int. J. Med. Educ. 3 78–82.
- [6] Sugianto S and et al 2017 Buku Manual Keterampilan Klinis Dasar Pemeriksaan Fisik (Surakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret).

- [7] Bye E and McKinney E 2010 Fit analysis using live and 3D scan models Int. J. Cloth. Sci. Technol. 22 88–100.
- [8] Abhishek P 2018 Tech marvel: 3D human body scan Deccan Chron.
- [9] Mueller R 2011 Homemade 3d scanner - the working principle muellerr.ch.
- [10] Kok M, Hol J D and Schön T B 2017 Using Inertial Sensors for Position and Orientation Estimation.
- [11] Rao A, Ruiz J, Bao C and Roy S 2018 Tabla: A proof-of-concept auscultatory percussion device for low-cost pneumonia detection Sensors (Switzerland) 18 1–12.
- [12] Capturing Reality 2018 Product - CapturingReality.com.
- [13] Grilli E, Menna F and Remondino F 2017 A review of point clouds segmentation and classification algorithms Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. - ISPRS Arch. 42 339–44.
- [14] Apaza-Agüero K, Silva L and Bellon O R P 2015 Mesh segmentation with connecting parts for 3D object prototyping Proc. - Int. Conf. Image Process. ICIP 2015–Decem 16–20.
- [15] Statista 2018 Number of doctor visits per capita in selected countries as of 2015 Statista.